

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG



(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. März 2002 (07.03.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/19383 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01J 49/00** [DE/DE]; Ernst-Ludwig-Strasse 16, 64372 Ober-Ramstadt (DE). **KAYA, Alexander** [DE/DE]; Industiestrasse 3 A, 64380 Rossdorf (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/09158

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. August 2001 (08.08.2001)

(74) Gemeinsamer Vertreter: **DEUTSCHE TELEKOM AG**; Rechtsabteilung (Patente) PA 1, 64307 Darmstadt (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(30) Angaben zur Priorität:
100 42 663.8 31. August 2000 (31.08.2000) DE

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DEUTSCHE TELEKOM AG** [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Allee 140, 53113 Bonn (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KOOPS, Hans, W., P.**

(54) Title: ELECTRON SPECTROMETER

(54) Bezeichnung: ELEKTRONENSPEKTROMETER

WO 02/19383 A2
(57) Abstract: Inordinate localised systems are used at room temperature in a novel device in the form of an electron spectrometer for utilising single-electron electronic applications. Said electron spectrometer device consists of a nanocrystalline metal or a nanocrystalline semiconductor material used as a conductor strip connection in the form of an inlet or an outlet for single-electron electronic components and circuits consisting of lithographically produced quantum dots. The resulting single-electron electronic device consisting of quantum dots is supplied with energetically very sharply defined electrons. Said device can thus be operated at room temperature, undisturbed by phonons.

(57) Zusammenfassung: Ungeordnete lokalisierte Systeme werden in einer neuartigen Anordnung als Elektronenspektrometer zur Nutzbarmachung von Einzel-Elektronen-Elektronik-Anwendungen bei Raumtemperatur eingesetzt. Die als Elektronenspektrometer wirkende Anordnung besteht aus einem nanokristallinen Material aus Metall oder Halbleitermaterial, das als Leiterbahnverbindung als Zu- und Abführung zu den Einzel-Elektronen-Elektronik-Bausteinen und Schaltungen, die aus lithographisch hergestellten Quantenpunkten bestehen, eingesetzt wird. Die nachfolgende aus Quantenpunkten bestehende Einzel-Elektronen Elektronik wird damit mit energetisch sehr scharf definierten Elektronen versorgt. Sie kann so von Phononen ungestört bei Raumtemperatur betrieben werden.

Elektronenspektrometer

Beschreibung

5

Derzeitige Mess- und Herstellungsverfahren für Einzel-Elektronen-Elektronik, Single Electron Tunneling (SET)-Elektronik und ihre Anwendungen (wie beispielsweise der SET-Transistor) beruhen auf Halbleitern (z. B. laterale GaAs/AlGaAs-Heterostrukturen) bzw. metallischen Quantenpunkten, die mit metallischen oder halbleitenden Kontaktierungen für elektrische

10 Meßgeräte zugänglich gemacht werden . [T.H. Oosterkamp, L.P. Kouwenhoven, A.E.A. Koolen, N.C. van der Vaart, and

C.J.P.M. Harmans, Phys. Rev. Lett. 78, 1536 (1997)] Herkömmliche Herstellungsverfahren der Dünnfilmtechnik erreichen Quantenpunkte mit Abmessungen im 20 nm Bereich, welche durch die quantenmechanischen Gesetze nur Energie-Niveaus besitzen, die eine Auftrennung der

15 Elektronenniveaus von einigen 100 μ eV ermöglichen. Aufgrund der geringen Abständen zwischen benachbarten diskreten Energieniveaus werden zur Beobachtung und Verwendung der auf der Coulomb-Blockade in diesen Quantenpunktssystemen beobachteten und erzeugten Effekte sehr niedrige Temperaturen (<4 K) benötigt. Dann können die im Metallgitter existierenden Phononen der Energie kT keine Elektronen mehr anregen und somit von Energieniveau zu Energieniveau anheben.

Aufgabe der Erfindung ist es , ein Messverfahren für Einzel-Elektronen-Elektronik bei Raumtemperatur verfügbar zu machen.

25 Gelöst wird die Aufgabe durch den Hauptanspruch in Verbindung mit den Unteransprüchen.

Eine neuartige Anordnung für die Nutzbarmachung von Einzel-Elektronen-Elektronik Raumtemperatur-Anwendungen (Single-Electron-Tunnelling, SET) durch die Ausnutzung von lokalisierten, 0-dimensionalen Zuständen in ungeordneten nanokristallinen Systemen für ein

30 Elektronenspektrometer wird beschrieben. Das Elektronenspektrometer besteht aus Leiterbahnverbindungen, die aus einem nanokristallinen Verbundwerkstoff, welcher aus Metall- oder Halbleitermaterial-Nanokristallen in einer nichtleitfähigen Matrix besteht, gefertigt werden,

- und die Einzel-Elektronen-Elektronik Schaltung mit zur Außenwelt führenden Metall-Leitungen verbindet. In den Nanokristallen der Zuleitungen existieren lokalisierte Elektronenwellenpakete, die entsprechend den Bohr'schen Bedingungen für Eigenlösungen im Zentralpotential in den Elektronen-Wellen Moden des Elektronengases der einzelnen Nanopartikel räumlich und 5 energetisch diskrete Werte annehmen und daher stark gequantele Systeme darstellen (0-dimensionales Elektronengas). Ein Elektron, das sich in diesem System befindet, nimmt diskrete Zustände an und verharrt so lange an seinem Ort, bis er durch äußere Anregung z.B. durch angelegte Spannung, oder Einfluß von Phononen, an den nächsten freien und energetisch günstigen Ort wandert bzw. hüpfst („Hopping“-Leitung). In Abhängigkeit und bei geeigneter 10 Wahl dieser diskreten Energieabstände kann eine Elektronenleitung für vorgegebene Temperaturen unterdrückt bzw. begünstigt werden.
- Das beschriebene Elektronenspektrometer bedient sich dieser Prinzipien zur Nutzbarmachung von Quantenpunktsystemen und SET-Anwendungen wie dem SET-Transistor, indem geeignete ungeordnete Materialien den Quantenpunkten zur elektrischen Kontaktierungen der zu 15 untersuchenden Quantenpunkt-Systeme, -Bauelemente oder -Schaltungen vorangeschaltet und nachgeschaltet werden. Aufgrund der Tatsache, daß Elektronen in diesen Materialien selbst bei Raumtemperatur an ihren Stellen „haften“, wird der Störeinfluß von zu hohen Temperaturen auf den Quantenpunkt bzw. auf die Coulomb-Blockade unterdrückt.
- 20 Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigt

- Figur 1 eine schematische Darstellung des Elektronenspektrometers für Einzel-Elektronen-
25 Elektronik,
- Figur 2 das Schema der Ausführungsform des Elektronenspektrometers, wie es durch
rechnergesteuerte korpuskularstrahlinduzierten Deposition aus einem goldhaltigen
Ausgangsmaterial in eine vorbereitete metallische Anschlussstruktur hinein hergestellt
30 werden kann,
- Figur 3: eine stromstabilisierte Strom/Spannungscharakteristik eines nach Fig. 2 experimentell
ausgeführten Elektronenspektrometers zur Messung der Coulomb-Oszillation in einem

Quantenpunktsystem, und

Figur 4 das Schema der Ausführungsform des Elektronenspektrometers mit Energie- und Spin-Selektions-Bereich zur Voreinstellung und zur Analyse der Wirkung des
5 Bauelementes.

Das Arbeitsprinzip ist in Figur 1 dargestellt: Der Quantenpunkt (1) ist links und rechts von den elektrischen Kontaktierungen (2) räumlich getrennt und von dem 0-dimensionalen Elektronengasmaterial (3) umgeben. Die elektrischen Kontakte sind mit einer Spannungsquelle 10 (4) verbunden, mit deren Hilfe sich das Potential der Kontaktelktronen (5) variieren lässt. Ein Abwandern der Elektronen vom rechten Kontakt (6) in die diskreten Zustände des 0-dimensionalen Elektronengases ist nur möglich, wenn die thermischen Elektronen des Kontaktmaterials über die Spannungsquelle energetisch derart angehoben werden, daß sie mit einem diskreten Niveau des 0-dimensionalen Systems zusammenfallen. Ferner werden 15 Raumtemperaturelektronen blockiert, wenn die Energieniveaus breiter separiert sind als kT_{Raum} . Der Quantenpunkt (1) ist somit von einer „eingefrorenen“ Elektronenumgebung umgeben. Ein Transport dieser kalten Elektronen zu dem Quantenpunkt ist nur möglich, wenn eines seiner Niveaus mit einem ebenfalls durch die Spannungsquelle verschiebbaren Niveau des 0-dimensionalen Elektronengases zusammenfällt. Der weitere Transportverlauf reproduziert sich in 20 der rechten 0-dimensionalen Elektronenumgebung, bis die Elektronen mit Erreichen der elektrischen Kontaktierung einen geschlossenen Stromkreis mit diskreter Strom-/Spannungscharakteristik bilden.

Das beschriebene Verfahren wurde mit Hilfe der korpuskularstrahlinduzierten Deposition experimentell realisiert und durch elektrische Messungen bei Raumtemperaturen bestätigt.

25 Dieses neuartige Verfahren der Materialherstellung zeichnet sich durch den Einsatz organometallischer Verbindungen sowie von Korpuskularstrahlen höchster Leistungsdichte bei höchster lokaler Abgrenzung aus. Auf der Oberfläche eines Substrates adsorbierte Schichten der organometallischen Verbindung werden durch den Beschuß mit Korpuskularstrahlen in nanokristalline Substanzen umgewandelt. Diese nanokristallinen Verbundmaterialien bestehen 30 aus segregierten Edelmetall-Einkristalliten, die in einer nichtleitenden Matrix eingeschlossen sind. Damit bilden diese Materialien ungeordnete Systeme, in denen lokalisierte Energiezustände die tragende Rolle für alle Transportvorgänge (Hopping) sind. Die elektrische Leitfähigkeit ist gegeben durch:

$$\sigma \propto e^{-\left(T_0/T\right)^x}$$

- wobei T_0 und x Konstanten sind und für dreidimensionale Komposite (Cermets) $x \approx 0.5$ gilt . Das Gesetz wurde an den durch korpuskularstrahlinduzierten Deposition hergestellten
- 5 Materialien mit organometallischen Ausgangsmaterialien experimentell bestätigt und zeigt für gold- u. platinhaltige Materialien einen Exponenten $x \approx 0.5$ in einem großen Temperaturbereich . Da die Hopping-Aktivierungsenergien bzw. die Abstände besetbarer benachbarter diskreter Energiezustände in Abhängigkeit der Temperatur zwischen 30 meV und 150 meV liegen , eignen sich diese Materialien mit Vorzug als 0-dimensionale Umgebungen für
- 10 Raumtemperatur-Quantenpunktsysteme.

- Das Verfahren wurde mit dem Prozeß der korpuskularstrahlinduzierten Deposition, einem neuartigen Verfahren der Materialherstellung, das sich durch den Einsatz von organometallischen Verbindungen auszeichnet, experimentell bestätigt und zeigt bei
- 15 Raumtemperatur an Quantenpunktsystemen Coulomb-Oszillationen mit Spannungsausschlägen um bis zu 50 mV

- Figur 2 zeigt schematisch ein Quantenpunktsystem (7), bestehend aus mehreren in Serie geschalteten Quantenpunkten mit Durchmessern von ca. 30 nm, welche mit Hilfe der
- 20 korpuskularstrahlinduzierten Deposition aus einer z.B. goldhaltigen organometallischen Ausgangssubstanz hergestellt wurden. Dabei sind die Quantenpunkte selbst wiederum aus Nanokristallinem Material mit Kristallitgrößen im nm-Bereich aufgebaut, welche das Elektronengas der Kristallite quantisiert. Die beiden Zuleitungen links (8) und rechts (9) wurden ebenfalls mit dem Depositionsverfahren aus Nanokristalliten in einer nichtleitenden Matrix
- 25 hergestellt und dienen als 0-dimensionales Elektronengas Energiefilter für die Versorgung der Struktur mit energieselektierten Elektronen. Die elektrischen Kontaktierungen (10) und (11) liefern mit ihrem 3-dimensionalen Elektronengas die erforderlichen Elektronen zur Versorgung der Schaltung nach und tragen die Signale zur Meßelektronik in der Außenwelt.
- 30 Die Anordnung des Elektronenspektrometers wurde an einer mit dem Prozeß der korpuskularstrahlinduzierten Deposition hergestellten Struktur experimentell bestätigt. Feinste Strukturen bis herab zu 5 nm Punktdurchmesser mit einer Kantenrauhigkeit von 2 nm werden

durch Elektronenstrahlinduzierte Deposition im Rasterelektronenmikroskop oder STM Scanning Tunneling Micsroscope(Raster-Tunnel Mikroskop) hergestellt.

Die beschriebene Anordnung des Elektronenspektrometers wurde unter Rechnersteuerung der Deposition und damit der Materialzusammensetzung erzeugt, und verwendet das mit dem

- 5 Verfahren hergestellte neuartige nanokristalline Material, welches aus ungeordneten Kristall-Systemen besteht, in dem sich lokalisierte, 0-dimensionale Systeme dadurch ausbilden, daß Elektronenwellen in den Nanokristallen konstruktiv zu örtlich und energetisch lokalisierten Wellenpaketen interferieren. Damit besitzen die Nanokristalle ein Null-dimensionales Elektronengas mit großen Energieniveauständen. Da diese diskreten Energietufen in den
- 10 Nanokristallen bei Kristallitgrößen von 2 bis 4 nm Durchmesser sich um bis zu 150 meV unterscheiden, wird eine Verschmierung oder Störung der Coulomb-Blockade selbst durch Elektronenanregung mit Phononen, die bei Raumtemperatur eine Energie von $kT = 25$ meV besitzen, unterdrückt. Durch die Tatsache, daß kein ausgedehntes Kristallgitter existiert, in welchem sich Phononen ungestreut ausbreiten könnten, bestehen in dem nanokristallinen
- 15 Material keine Phononen. Das verringert die Verschmierung der Energie der die Signale tragenden Elektronen weiter.

In Figur 3 ist die Strom/Spannungscharakteristik der Anordnung wiedergegeben, welche, die im stromstabilisierten Betrieb bei Raumtemperatur (20 C) an einer der Figur 2 entsprechenden 20 experimentell realisierten Struktur gemessen wurde.

Es zeigen sich bei der Messung bei Raumtemperatur charakteristische diskrete Spannungsausschläge um bis zu 50 mV, wie sie in ähnlicher Weise für Doppel-Quantenpunkte bei tiefen Temperaturen beobachtet werden.

- 25 Mit Vorteil wird das Eektronenspektrometer zum aktiven Messgerät zur Untersuchung von Einzel-Elektronen-Bauelementen und -Schaltungen, wenn die nanokristallinen Zu und Ableitungen zu den zu untersuchenden Einzel-Elektronen-Elektronik-Bauelementen und -Schaltungen aus speziell gefertigte Quantenpunkten mit weit getrennten Energieniveaus ausgebildet werden, mit deren Hilfe es möglich ist durch Einsatz von physikalischen Einflüssen
- 30 wie Druck, Zug, lokaler Temperatur, spektrale Beleuchtung, elektrischer-, magnetischer Feldstärke von außen die Energie und den Spin der zur Untersuchung verwendeten Elektronen beeinflusst und gezielt einzustellen und, die durchgelassenen spektroskopisch selektierten Elektronen in ihrem Elektronenspin selektiert zu definieren und einzustellen und dem

Untersuchungsobjekt zuzuführen. Es ist weiterhin vorteilhaft ähnlich aufgebaute speziell gefertigte Quantenpunkte mit weit getrennten Energieniveaus dem Untersuchungsobjekt nachzuschalten, mit deren Hilfe es möglich ist durch Einsatz von physikalischen Einflüssen wie Druck, Zug, lokaler Temperatur, elektrischer-, magnetischer Feldstärke von außen beeinflusst und gezielt eingestellt, die durchgelassenen spektroskopisch selektierten Elektronen in ihrem Elektronenspin selektiert zu analysieren und so Aussagen über die Wirkung des Untersuchungsobjekts messend und analysierend zu erfassen.

In Figur 4 ist das Schema der Ausführungsform des Elektronenspektrometers mit Energie- und Spin-Selektions-Bereich zur Voreinstellung (12,13) und zur Analyse der Wirkung des Bauelementes (7) wiedergegeben.

Ungeordnete lokalisierte Systeme werden also in einer neuartigen Anordnung als Elektronenspektrometer zur Nutzbarmachung von Einzel-Elektronen-Elektronik-Anwendungen bei Raumtemperatur eingesetzt. Die als Elektronenspektrometer wirkende Anordnung besteht aus einem nanokristallinen Material aus Metall oder Halbleitermaterial, das als Leiterbahnverbindung als Zu- und Abführung zu den Einzel-Elektronen-Elektronik- Bausteinen und Schaltungen, die aus lithographisch hergestellten Quantenpunkten bestehen, eingesetzt wird. Das Elektronensystem des nanokristallinen Materials ist dadurch gekennzeichnet, dass ausschließlich räumlich und energetisch lokalisierte (diskrete) Elektronenzustände mit Energieabständen von mehreren meV in ihm vorhanden sind (0-Dimensionales Elektronengas). Dies zeichnet auch das Energieniveausystem der Quantenpunkte aus. Elektronen, die in herkömmlichen metallischen Kontaktierungen ein 3-dimensionales Elektronengas bilden und durch direkten Kontakt in dieses 0-dimensionale Elektronengas weitergeleitet werden, erfahren eine spektroskopische Ausfilterung derart, dass sie nur noch die diskreten Energiezustände des 0-dimensionalen Elektronengases in der Leiterbahn besetzen können. Sind die Abstände dieser diskreten Energiezustände größer als die Energie der Phononen bei Raumtemperatur d.h. $> kT = 27 \text{ meV}$, so blockiert (filtert) das System alle vom Metall der Anschlussleitungen kommenden Elektronen so, dass ein Elektronentransport nur noch durch eine außen anliegende Spannung durch den Leitungsmechanismus des „Hopping“ über die diskreten Energiezustände der Materials mit 0-dimensionalem Elektronengas möglich ist. Die nachfolgende aus Quantenpunkten bestehende Einzel-Elektronen Elektronik wird damit mit energetisch sehr scharf definierten Elektronen versorgt. Sie kann so von Phononen ungestört bei Raumtemperatur betrieben werden.

Patentansprüche

1) Elektronenspektrometer für die Versorgung und Vermessung von Einzel-Elektronen-Elektronik-Bauelementen und -Schaltungen **dadurch gekennzeichnet**,

5

dass die zu versorgenden und zu vermessenden Einzel-Elektronen-Elektronik-Bauelemente und -Schaltungen mit der Außenwelt am Eingang und am Ausgang der Elemente und Schaltungen zuerst über leitfähige Leiterbahnen, Flächen oder Schichten verbunden werden,

10 dass die leitfähigen Leiterbahnen, Flächen oder Schichten aus nanokristallinem Material mit weit getrennten Energieniveaus bestehen, wie sie in einem 0-dimensionalen Elektronengas vorliegen, und

15 dass die aus metallischen Verbindungen zu Außenwelt angebotenen Elektronen mit vielen dicht liegenden Energien durch die im 0-dimensionalen Elektronengassystem vorliegenden diskreten Niveaus in ihrer Energie selektiert werden und in spektroskopischer Weise nach Energien gefiltert der zu untersuchenden Einzel-Elektronen-Elektronik zugeführt werden.

20 2) Elektronenspektrometer für die Versorgung und Vermessung von Einzel-Elektronen-Elektronik-Bauelementen und -Schaltungen nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**,

dass die verbindenden Leiterbahnen aus Material mit der Energieniveau-Verteilung von 0-dimensionalem Elektronengas Material bestehen, und

25

dass die Energieaufspaltung der Niveaus wenigstens so viele meV beträgt, wie es der Phononenenergie bei der zur Messung ausgesuchten Temperatur entspricht.

30 3) Elektronenspektrometer für die Versorgung und Vermessung von Einzel-Elektronen-Elektronik-Bauelementen und -Schaltungen nach Anspruch 1 und 2 **dadurch gekennzeichnet**,

dass die verbindenden Leiterbahnen aus Material mit der Energieniveaum-Verteilung von 0-dimensionalen Elektronengas Material bestehen und,

- 5 dass die Energieaufspaltung der Niveaus wenigstens 27 meV beträgt, was der Phononenenergie bei Raumtemperatur entspricht, um Effekte der thermischen Störung auf die Coulomb-Blockade in den Einzel-Elektronen-Elektronik-Bauelementen und -Schaltungen bei Raumtemperatur zu unterdrücken.

- 10 4) Elektronenspektrometer für die Versorgung und Vermessung von Einzel-Elektronen-Elektronik-Bauelementen und -Schaltungen bei Raumtemperatur nach den Ansprüchen 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet,

- 15 dass der Transport der Elektronen in den verbindenden Leiterbahnen aus dem 0-dimensionalen Elektronengas-Material nach Anlegen einer Spannung an den Kontakten zur Außenwelt durch Hopping bzw. Tunneln der Elektronen zwischen den Nanokristallen und den Einzel-Elektronen-Bauelementen und -Schaltungen stattfindet, und

dass dabei keine Ohmschen Verluste auftreten.

- 20 5) Elektronenspektrometer für die Versorgung und Vermessung von Einzel-Elektronen-Elektronik-Bauelementen und -Schaltungen bei Raumtemperatur nach den Ansprüchen 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet,

- 25 dass den zu untersuchenden Einzel-Elektronen-Elektronik-Bauelementen und -Schaltungen speziell gefertigte Quantenpunkte mit weit getrennten Energieniveaus vor- und nachgeschaltet sind, und

- 30 dass die Quantenpunkte durch Einsatz von physikalischen Einflüssen wie Druck, Zug, lokaler Temperatur, spektrale Beleuchtung, elektrischer-, magnetischer Feldstärke in ihrer Energieaufspaltung zur Abstimmung und Anpassung der Elektronenenergie an die zu

untersuchenden Einzel-Elektronen-Objekte von außen beeinflusst und gezielt eingestellt werden können.

- 5 6) Elektronenspektrometer für die Versorgung und Vermessung von Einzel-Elektronen-Elektronik-Bauelementen und -Schaltungen bei Raumtemperatur nach den Ansprüchen 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet,

10 dass den zu untersuchenden Einzel-Elektronen-Elektronik-Bauelementen und -Schaltungen speziell gefertigte Quantenpunkte mit weit getrennten Energieniveaus vor- und nachgeschaltet sind,

15 dass die Quantenpunkte durch Einsatz von physikalischen Einflüssen wie Druck, Zug, lokaler Temperatur, spektrale Beleuchtung, elektrischer-, magnetischer Feldstärke von außen beeinflusst und gezielt eingestellt werden, und

dass dadurch die durchgelassenen spektroskopisch selektierten Elektronen in ihrem Elektronenspin selektiert definiert und eingestellt werden und dem Untersuchungsobjekt zugeführt werden.

20

- 7) Elektronenspektrometer für die Versorgung und Vermessung von Einzel-Elektronen-Elektronik-Bauelementen und -Schaltungen bei Raumtemperatur nach Anspruch 6 dadurch gekennzeichnet,

25 dass ähnlich aufgebaute speziell gefertigte Quantenpunkte mit weit getrennten Energieniveaus nachgeschaltet sind,

30 dass diese Quantenpunkte durch Einsatz von physikalischen Einflüssen wie Druck, Zug, lokaler Temperatur, elektrischer-, magnetischer Feldstärke von außen beeinflusst und gezielt eingestellt werden, und

dass die durchgelassenen spektroskopisch selektierten Elektronen in ihrem Elektronenspin

10

selektiert analysiert werden und so Aussagen über die Wirkung des Untersuchungsobjekts messend und analysierend erfasst werden.

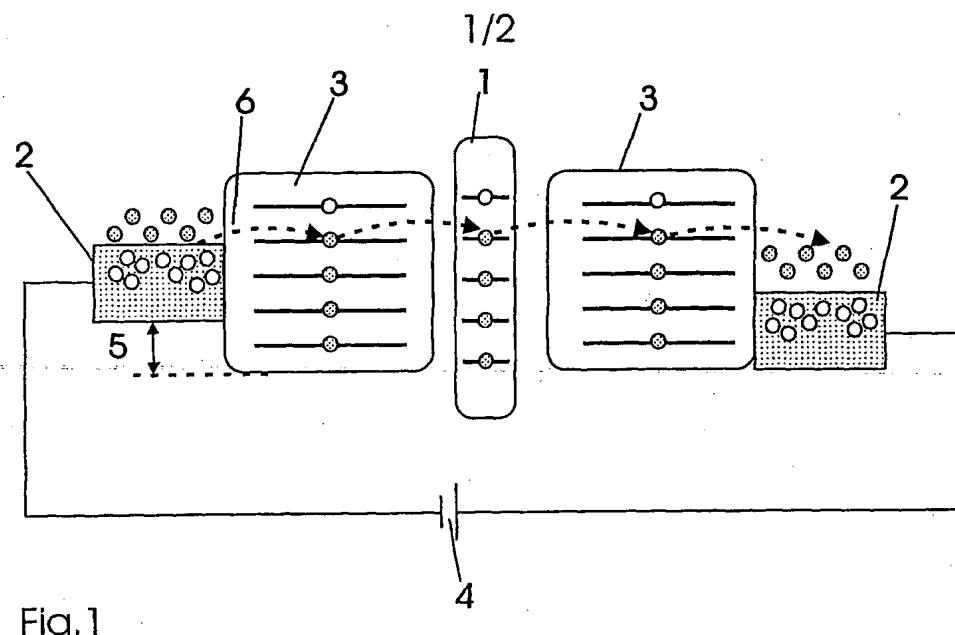


Fig. 1

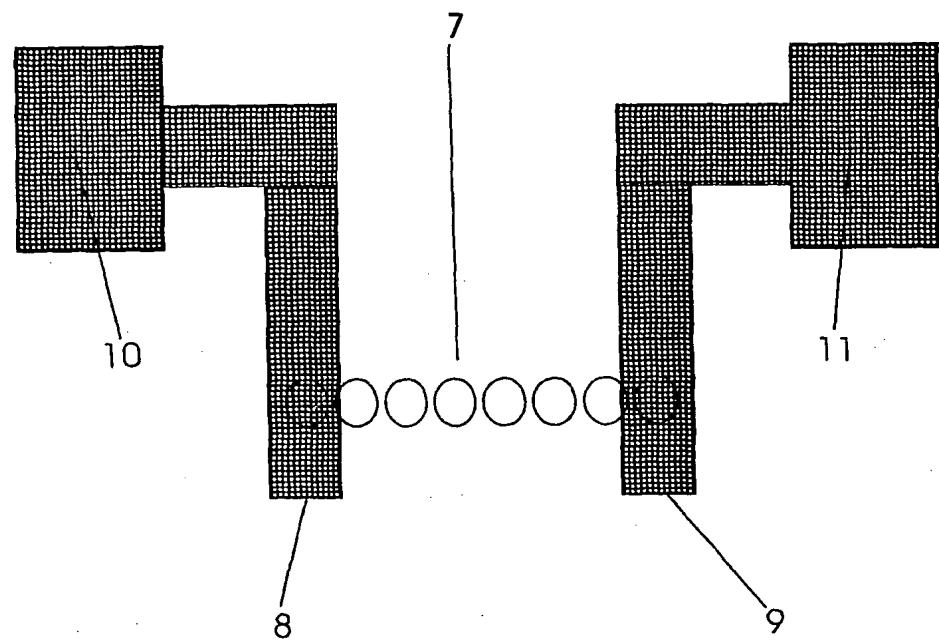


Fig. 2

2/2

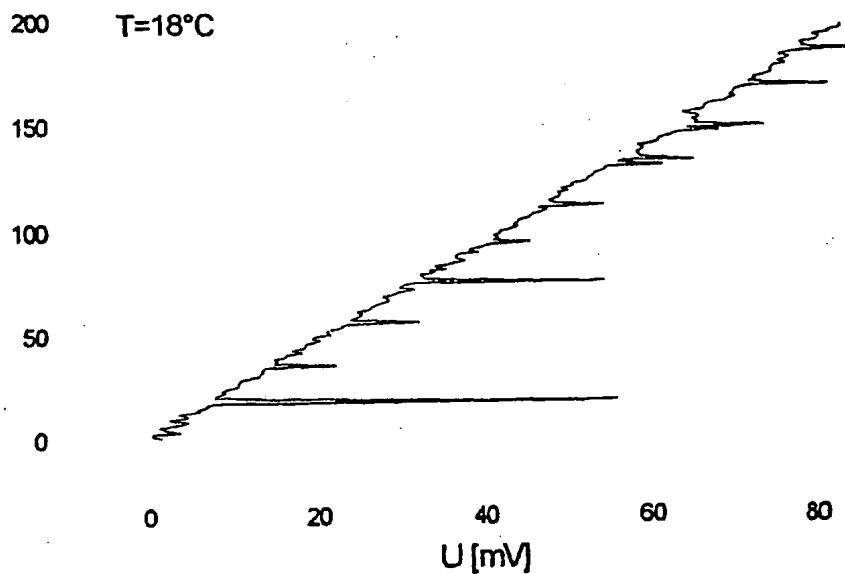


Fig.3

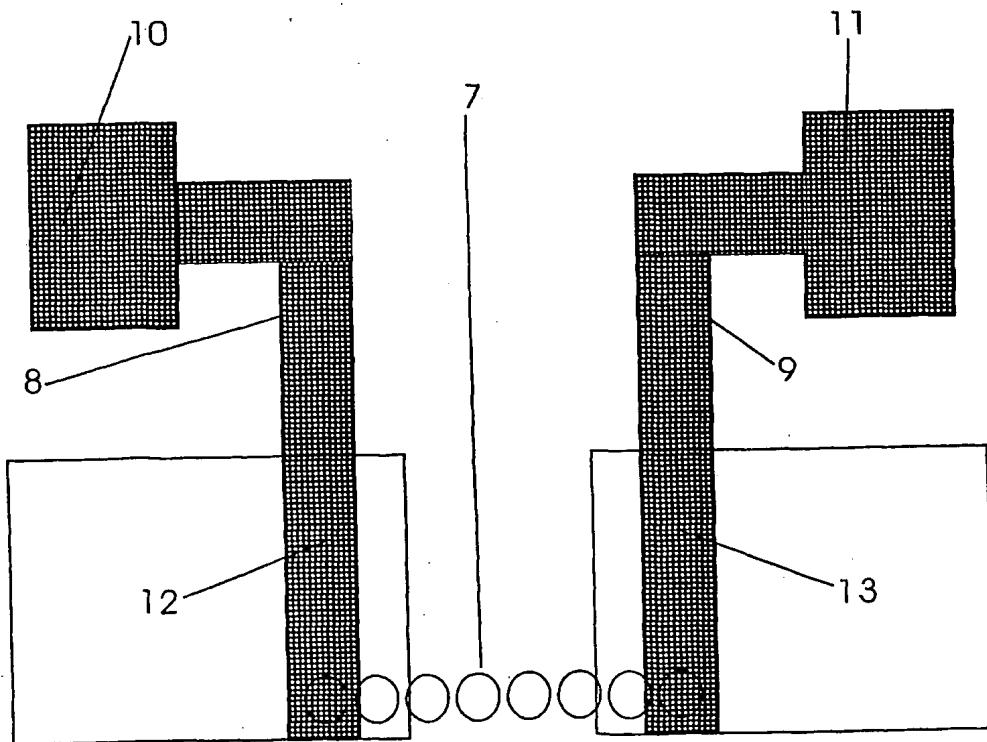


Fig.4

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. März 2002 (07.03.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/019383 A3

(51) Internationale Patentklassifikation²: H01J 49/00,
H01L 29/76, H01J 49/44

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOOPS, Hans, W., P.
[DE/DE]; Ernst-Ludwig-Strasse 16, 64372 Ober-Ramstadt
(DE). KAYA, Alexander [DE/DE]; Industiestrasse 3 A,
64380 Rossdorf (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/09158

(74) Gemeinsamer Vertreter: DEUTSCHE TELEKOM AG;
Rechtsabteilung (Patente) PA1, 64307 Darmstadt (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. August 2001 (08.08.2001)

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

(30) Angaben zur Priorität:
100 42 663.8 31. August 2000 (31.08.2000) DE

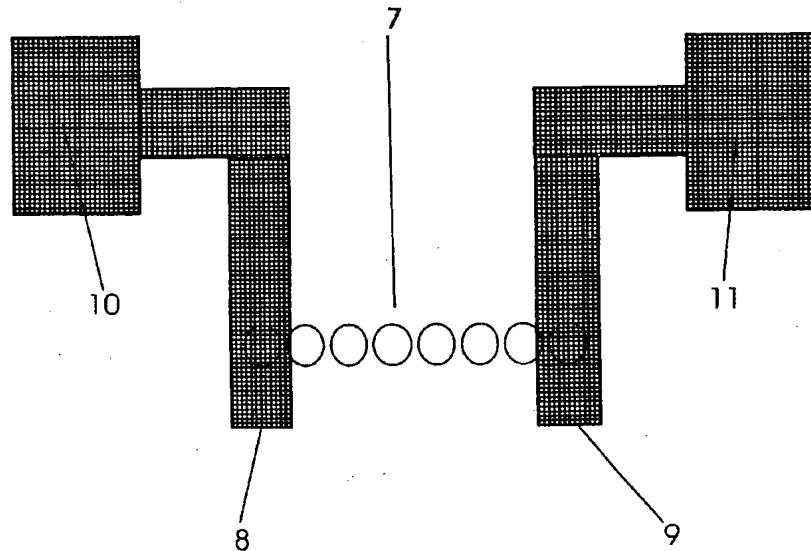
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRON SPECTROMETER

(54) Bezeichnung: ELEKTRONENSPEKTROMETER



(57) Abstract: Inordinate localised systems are used at room temperature in a novel device in the form of an electron spectrometer for utilising single-electron electronic applications. Said electron spectrometer device consists of a nanocrystalline metal or a nanocrystalline semiconductor material used as a conductor strip connection in the form of an inlet or an outlet for single-electron electronic components and circuits consisting of lithographically produced quantum dots. The resulting single-electron electronic device consisting of quantum dots is supplied with energetically very sharply defined electrons. Said device can thus be operated at room temperature, undisturbed by phonons.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/019383 A3



(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen
Recherchenberichts: 22. August 2002

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Ungeordnete lokalisierte Systeme werden in einer neuartigen Anordnung als Elektronenspektrometer zur Nutzbarmachung von Einzel-Elektronen-Elektronik-Anwendungen bei Raumtemperatur eingesetzt. Die als Elektronenspektrometer wirkende Anordnung besteht aus einem nanokristallinen Material aus Metall oder Halbleitermaterial, das als Leiterbahnverbindung als Zu- und Abführung zu den Einzel-Elektronen-Elektronik-Bausteinen und Schaltungen, die aus lithographisch hergestellten Quantenpunkten bestehen, eingesetzt wird. Die nachfolgende aus Quantenpunkten bestehende Einzel-Elektronen Elektronik wird damit mit energetisch sehr scharf definierten Elektronen versorgt. Sie kann so von Phononen ungestört bei Raumtemperatur betrieben werden.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 01/09158

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L49/00 H01L29/76 H01J49/44

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L H01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, WPI Data, EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 00 41245 A (ILYANOK ALEXANDER MIKHAILOVICH) 13 July 2000 (2000-07-13) claims 1-5 ---	1
A	DUTTA A ET AL: "SINGLE-ELECTRON TUNNELING DEVICES BASES ON SILICON QUANTUM DOTS FABRICATED BY PLASMA PROCESS", JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, PUBLICATION OFFICE JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. TOKYO, JP, VOL. 39, NR. NO 1, PART 1, PAGE(S) 264-267 XP002945643 ISSN: 0021-4922 page 264 -page 267 ---	1 -/-



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 May 2002

Date of mailing of the international search report

23/05/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van den Bulcke, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/09158

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 11, 26 December 1995 (1995-12-26) & JP 07 226522 A (HITACHI LTD), 22 August 1995 (1995-08-22) abstract ---	
A	EP 0 836 232 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD ;KHANIN VLADIMIR VIKTOROVICH (RU); SOLD) 15 April 1998 (1998-04-15) claim 1 ---	1
A	US 5 350 931 A (HARVEY JAMES F ET AL) 27 September 1994 (1994-09-27) claim 1 ---	1
A	EP 0 626 730 A (HITACHI EUROP LTD) 30 November 1994 (1994-11-30) claim 1 ---	1
A	US 5 347 140 A (HIRAI YOSHIHIKO ET AL) 13 September 1994 (1994-09-13) claims 1-6 ---	1
P,A	US 6 159 620 A (MARKOVICH GIL ET AL) 12 December 2000 (2000-12-12) claim 1 ---	1
A	EP 0 750 353 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 27 December 1996 (1996-12-27) claims 1-11 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International Application No
PCT/EP 01/09158

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 0041245	A	13-07-2000	WO AU AU WO CN EP	0041245 A1 1864799 A 2087300 A 0041247 A2 1338120 T 1151477 A2	13-07-2000 24-07-2000 24-07-2000 13-07-2000 27-02-2002 07-11-2001
JP 07226522	A	22-08-1995		NONE	
EP 0836232	A	15-04-1998	RU RU AU EP JP KR US WO	2105386 C1 2106041 C1 2579297 A 0836232 A1 11500583 T 272702 B1 6057556 A 9736333 A1	20-02-1998 27-02-1998 17-10-1997 15-04-1998 12-01-1999 15-11-2000 02-05-2000 02-10-1997
US 5350931	A	27-09-1994		NONE	
EP 0626730	A	30-11-1994	DE DE EP US	69427617 D1 69427617 T2 0626730 A2 5485018 A	09-08-2001 08-05-2002 30-11-1994 16-01-1996
US 5347140	A	13-09-1994	JP JP JP	5129589 A 3198648 B2 5198827 A	25-05-1993 13-08-2001 06-08-1993
US 6159620	A	12-12-2000		NONE	
EP 0750353	A	27-12-1996	EP JP US	0750353 A2 9069630 A 5731598 A	27-12-1996 11-03-1997 24-03-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 01/09158A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L49/00 H01L29/76 H01J49/44

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01L H01J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, WPI Data, EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 00 41245 A (ILYANOK ALEXANDER MIKHAILOVICH) 13. Juli 2000 (2000-07-13) Ansprüche 1-5 ---	1
A	DUTTA A ET AL: "SINGLE-ELECTRON TUNNELING DEVICES BASES ON SILICON QUANTUM DOTS FABRICATED BY PLASMA PROCESS", JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, PUBLICATION OFFICE JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. TOKYO, JP, VOL. 39, NR. NO 1, PART 1, PAGE(S) 264-267 XP002945643 ISSN: 0021-4922 Seite 264 -Seite 267 ---	1 -/-

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,

eine Benutzung, eine Aussstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

15. Mai 2002

23/05/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Van den Bulcke, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/09158

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 11, 26. Dezember 1995 (1995-12-26) & JP 07 226522 A (HITACHI LTD), 22. August 1995 (1995-08-22) Zusammenfassung ---	
A	EP 0 836 232 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD ;KHANIN VLADIMIR VIKTOROVICH (RU); SOLD) 15. April 1998 (1998-04-15) Anspruch 1 ---	1
A	US 5 350 931 A (HARVEY JAMES F ET AL) 27. September 1994 (1994-09-27) Anspruch 1 ---	1
A	EP 0 626 730 A (HITACHI EUROP LTD) 30. November 1994 (1994-11-30) Anspruch 1 ---	1
A	US 5 347 140 A (HIRAI YOSHIHIKO ET AL) 13. September 1994 (1994-09-13) Ansprüche 1-6 ---	1
P,A	US 6 159 620 A (MARKOVICH GIL ET AL) 12. Dezember 2000 (2000-12-12) Anspruch 1 ---	1
A	EP 0 750 353 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 27. Dezember 1996 (1996-12-27) Ansprüche 1-11 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/09158

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0041245	A 13-07-2000	WO AU AU WO CN EP	0041245 A1 1864799 A 2087300 A 0041247 A2 1338120 T 1151477 A2	13-07-2000 24-07-2000 24-07-2000 13-07-2000 27-02-2002 07-11-2001
JP 07226522	A 22-08-1995	KEINE		
EP 0836232	A 15-04-1998	RU RU AU EP JP KR US WO	2105386 C1 2106041 C1 2579297 A 0836232 A1 11500583 T 272702 B1 6057556 A 9736333 A1	20-02-1998 27-02-1998 17-10-1997 15-04-1998 12-01-1999 15-11-2000 02-05-2000 02-10-1997
US 5350931	A 27-09-1994	KEINE		
EP 0626730	A 30-11-1994	DE DE EP US	69427617 D1 69427617 T2 0626730 A2 5485018 A	09-08-2001 08-05-2002 30-11-1994 16-01-1996
US 5347140	A 13-09-1994	JP JP JP	5129589 A 3198648 B2 5198827 A	25-05-1993 13-08-2001 06-08-1993
US 6159620	A 12-12-2000	KEINE		
EP 0750353	A 27-12-1996	EP JP US	0750353 A2 9069630 A 5731598 A	27-12-1996 11-03-1997 24-03-1998

